

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVOPASTORIL**

**ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN  
FOSFÓRICA EN EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL CAUPI  
(Vigna unguiculata (L) Walp) EN EL SECTOR DE FANAGA-  
CUÑUMBUQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:  
Bach: JIMMY ARNOLD MONTILLA HUAMAN**

**TARAPOTO - PERÚ  
2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVOPASTORIL**  
**ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN  
FOSFÓRICA EN EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL CAUPI  
(*Vigna unguiculata* (L) Walp) EN EL SECTOR DE FANANGA-  
CUÑUMBUQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**  
**Bach: JIMMY ARNOLD MONTILLA HUAMAN**

**Miembros del Comité de Tesis**



---

**Ing. M. Sc. César Chappa Santa María**  
**PRESIDENTE**



---

**Ing. M. Sc. Tedy Castillo Díaz**  
**SECRETARIO**



---

**Ing. Roaldo López Fulca**  
**MIEMBRO**



---

**Ing. Segundo Darío Maldonado Vásquez**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres; Jaime Montilla Vela y  
Magda Huaman Soria, por confiar siempre  
en mí, y nunca defraudar su palabra, el  
aliento y ejemplo que ellos me profesan  
son las herramientas que siempre  
estuvieron presentes para lograr este objetivo.

A mi hermana; María y amigos que siempre  
están conmigo fortaleciendo la unidad familiar,  
para llegar a mis objetivos y metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A los Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, a todos mis maestros quienes contribuyeron con mi formación social y profesional.

Al Ing. Jaime Montilla Vela, mi padre, por haberme facilitado y apoyado en la ejecución de mi tesis, que sin él no hubiese sido posible desarrollar el presente trabajo de investigación.

Al Ing. Segundo Darío Maldonado Vásquez, por el asesoramiento en el presente trabajo de investigación.

Agradecer a mi familia, en general, quienes contribuyeron a mi formación personal, marcando una etapa importante en mi vida.

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>01</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>03</b>
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>04</b>
<b>3.1. Características botánicas</b>	<b>04</b>
3.1.1. Sistema radicular	04
3.1.2. Tallo principal	04
3.1.3. Hoja	05
3.1.4. Fruto	05
3.1.5. Inflorescencia	05
3.1.6. Variabilidad	06
3.2. Composición química	06
3.3. Exigencia de clima y suelo	07
3.3.1. Exigencias climáticas	07
3.3.2. Exigencia de suelo	09
3.4. Siembra	09
3.5. Requerimientos nutricionales	10
3.6. Calidad y fertilidad de suelos	11
3.7. Nutrientes	11
3.7.1. Fósforo	11
3.7.1.1. Origen	12
3.7.1.2. Disponibilidad	13

3.7.1.3. Función	14
3.8. Superfosfato triple	14
3.9. Algunas experiencias de trabajos en ensayos de fertilización de Caupi	17
3.10. Investigaciones similares en Fabáceas de granos	19
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1. Materiales	21
4.1. Metodología	23
4.3. Disposición del experimento	24
4.4. Diseño y características del experimento	24
4.5. Características edáficas	26
4.6. Procedencia de la semilla	26
4.7. Conducción del experimento	27
4.8. Variables evaluadas	29
V. RESULTADOS	32
VI. DISCUSIONES	38
VII. CONCLUSIONES	48
VIII. RECOMENDACIONES	49
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
RESUMEN	
SUMMARY	
ANEXO	

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro N° 01:</b> Composición química del caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> )	06
<b>Cuadro N° 02:</b> Temperaturas críticas para caupí en las distintas fases de desarrollo.	08
<b>Cuadro N° 03:</b> Datos meteorológicos registrados en la zona de Cuñumbuque entre los meses de enero a diciembre.	23
<b>Cuadro N° 04:</b> Tratamientos y aleatorización.	26
<b>Cuadro N° 05:</b> Análisis físico-químico del suelo – sector Fanaga – Cuñumbuque.	27
<b>Cuadro N° 06:</b> Análisis de varianza para la Altura de planta (cm).	32
<b>Cuadro N° 07:</b> Análisis de varianza para la Longitud de la vaina (cm).	33
<b>Cuadro N° 8:</b> Análisis de varianza para el Número de granos por vaina (datos transformados por $Vx$ ).	34
<b>Cuadro N° 9:</b> Análisis de varianza para el Número de vainas por planta (datos transformados por $Vx$ ).	35
<b>Cuadro N° 10:</b> Análisis de varianza para el Peso de 100 granos (g).	36
<b>Cuadro N° 11:</b> Análisis de varianza para el Rendimiento en $kg.ha^{-1}$ .	37

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Pág.

<b>Gráfico N°1:</b> Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedio de Altura de plantas de caupí.	32
<b>Gráfico N° 2:</b> Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedios de longitud de vainas en plantas de caupí.	33
<b>Gráfico N° 3:</b> Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedios de número de granos por vaina.	34
<b>Gráfico N° 4:</b> Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedios de Número de vainas por planta.	35
<b>Gráfico N° 5:</b> Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedios de Peso de cien granos.	36
<b>Gráfico N° 6:</b> Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedios de Rendimiento en $Tn.ha^{-1}$ .	37



## I. INTRODUCCION

El frejol Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) es una de las fabáceas de gran importancia en el mundo por ser fuente de carbohidratos, proteínas y sales minerales que pueden solucionar los problemas de alimentación humana y de los animales.

La siembra de este cultivo ocupa un renglón importante en la producción nacional, a pesar de estar restringida por diversos factores tales como: prácticas agronómicas inadecuadas, uso de semillas no certificadas y control sanitario deficiente. El Caupi se siembra y consume en varias regiones de nuestro país mostrando los suelos de la amazonia peruana y en especial los de la selva alta, condiciones agroecológicas para realizar una explotación extensiva.

En el departamento de San Martín, el frijol caupi se produce como monocultivo o asociado con maíz, yuca y algodón y solo se cultiva para autoconsumo de los agricultores. Existe poca demanda del público por desconocimiento de sus cualidades alimenticias. Para incrementar la producción y la productividad de esta fabácea es necesario investigar los efectos de los niveles de fertilización sobre los rendimientos, que permita completar la tecnología de producción que ya existe, donde bajo condiciones tradicionales se obtiene rendimientos entre 500 a 600 kg.ha<sup>-1</sup> en la zona del bajo mayo y la amazonia en general.

Debemos considerar que el mantenimiento de la fertilidad de los suelos o la reposición de los nutrientes extraídos por las cosechas es uno de los requisitos importantes para el aumento de la producción y la sustentabilidad de la agricultura moderna.

El análisis de suelo representa la información más precisa disponible por el productor para identificar la deficiencia de fósforo como causa de bajos rendimientos y eventualmente decidir la fertilización para eliminarla como limitante. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización fosfatada sobre el rendimiento del cultivo de caupi; cabe resaltar que el fosforo es aprovechado por las plantas para ayudar a formar nuevas raíces, producir mejores semillas, frutos y flores, incrementándolos. También es aprovechado para realizar diferentes procesos como la fotosíntesis, respiración, síntesis de ácidos nucleídos y proteínas, siendo fundamental suprimir la deficiencia del fosforo para evitar pérdidas, incrementando de su precocidad y rendimiento.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general:**

- ♦ Contribuir con el mejoramiento de los rendimientos del frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) mediante la fertilización fosfórica bajo la condición de un suelo arcilloso en el sector Fananga, distrito de Cuñumbuque.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- ♦ Evaluar el efecto de los niveles de fertilización fosfórica sobre el rendimiento de grano y otras características agronómicas del caupí.
- ♦ Determinar la dosis más adecuada de fósforo para el cultivo en la zona de estudio.

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Características botánicas**

León (1987), señala que el caupí es una hierba anual de germinación epigea, el sistema pedicular se compone de una raíz principal, fuerte y profunda y de numerosas raicillas laterales que portan muchos nódulos, las hojas son trifoliadas, tiene el pecíolo y raquis fuertes y acanalados en el lado superior, el mismo autodefine, que la legumbre difiere en tamaño, posición, número de semillas y estructura en las diferentes grupos de cultivares. Así mismo menciona que el caupí es altamente autógama aunque se a registrado casos de hasta 14% de alogamia, es fácil de hibridizar y las semillas de los cruces son de alta variabilidad y reconoce que en el caupí hay tres grupos de cultivares.

##### **3.1.1. Sistema radicular**

Es muy ligero y poco profundo y está constituido por una raíz principal y gran número de raíces secundarias con elevado grado de ramificación.

##### **3.1.2. Tallo principal**

Es herbáceo. En variedades enanas presenta un porte erguido y una altura aproximada de 30 a 40 centímetros, mientras que en los porotos de enrame, alcanza una altura de 2 a 3 metros, siendo voluble y dextrógiro (se enrolla alrededor de un soporte o tutor en sentido contrario a las agujas el reloj).

### **3.1.3. Hoja**

Sencilla, lanceolada y acuminada, de tamaño variable según la variedad.

### **3.1.4. Fruto**

Legumbre de color, forma y dimensiones variables, en cuyo interior se disponen 4-6 semillas. Existen frutos de color verde, amarillo jaspeado de marrón o rojo sobre verde, etc., aunque los más demandados por el consumidor son los verdes y amarillos con forma tanto cilíndrica como acintada. En estado avanzado las paredes de la vaina o cáscara se refuerzan por tejidos fibrosos.

### **3.1.5. Inflorescencia**

Puede presentar diversos colores, únicos para cada variedad, aunque en las variedades más importantes la flor es blanca. Las flores se presentan en racimos en número de 4 a 8, cuyos pedúnculos nacen en las axilas de las hojas o en las terminales de algunos tallos.

Las inflorescencias son racimos compuestos de crecimiento indeterminado, excepto en los grupos de cultivares cilíndrica, que tiene una flor terminal. Los pedúnculos, largos y fuertes, se continúan en el caquis floral, que es más comprimido que en *Phaseolus*. Hay hasta seis nudos de flores en el racimo y cada uno consiste de dos flores laterales y un cojín central. Este último órgano es una protuberancia formada de varias flores que abortan y dejan como restos una cavidades que han sido llamadas nectarios.

### 3.1.6. Variabilidad

*Vigna unguiculata* es altamente autógama, aunque se ha registrado casos hasta de 14% de alogamia. Es fácil de hibridar y las semillas de los cruces son de alta viabilidad. El mejoramiento se ha dirigido a incrementar el rendimiento, obtener líneas indiferentes a fotoperíodo, resistencia a enfermedades especialmente virosas, porte recto y regular pedúnculos florales largos que sobresalgan del follaje, y otros. Como existe una correlación negativa entre número de legumbres y de semillas por planta, una posibilidad es obtener tipos, cuyo porte permita aumentar la densidad de siembra.

### 3.2. Composición química del caupi (*Vigna unguiculata*)

Para conocer el potencial químico del caupi, Agreda (1986) nos presenta una comparación de la composición química del caupi con la soya y un frijol regional.

**Cuadro 1: Composición química del caupi (*Vigna unguiculata*)**

NUTRIENTES	CAUPI	SOYA	FRIJOL UCAYALINO
Humedad	9.3	16.6	14.0
Materia seca	91.7	83.4	86.0
Grasa	1.3	17.2	1.1
Proteínas	24.8	36.9	24.5
Fibra	3.3	4.5	4.2
Cenizas	64.3	18.1	50.7

Fuente: Agreda (1986)

El caupí; conjuntamente con la soya, significan una buena alternativa para solucionar este problema con amplia ventaja sobre las demás leguminosas porque se obtienen altos rendimientos con las técnicas del cultivo de estas especies (Ormeño, 1996).

### **3.3. Exigencias de clima y suelo**

#### **3.3.1. Exigencias climáticas**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

Es planta de clima húmedo y suave, dando las mejores producciones en climas cálidos. Además requiere de una precipitación promedio de 1 500 - 2 000 mm/año bien distribuidos, mayor precipitación en la etapa de crecimiento vegetativo, menor cantidad en el llenado de granos en vainas y seco o con escasa lluvias en la maduración y secado de vainas. (Ricaldi, 1990).

### 3.3.1.1. Temperatura

**Cuadro 2: Temperaturas críticas para caupí en las distintas fases de desarrollo.**

Temperatura óptima del suelo	15 - 20 °C
Temperatura ambiente óptima de germinación	20 - 30 °C
Temperatura mínima de germinación	10 °C
Temperatura óptima durante el día	21 - 28 °C
Temperatura óptima durante la noche	16 - 18 °C
Temperatura máxima biológica	35 - 37 °C
Temperatura mínima biológica	10 - 14 °C
Temperatura mínima letal	0 - 2 °C
Temperatura óptima de polinización	15 - 25 °C

Fuente: CIAT (1987).

Cuando la temperatura oscila entre 12-15 °C la vegetación es poco vigorosa y por debajo de 15 °C, la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”. Por encima de los 30 °C también aparecen deformaciones en las vainas y se produce la caída de flores; siendo la temperatura media de 20-26 °C y la óptima de 23 °C (CIAT, 1987).

### 3.3.1.2. Humedad

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60 % al 65 %, y posteriormente oscila entre el 65 % y el 75 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad (Ricaldi, 1990).



### **3.3.1.3. Luminosidad**

Es una planta de día corto. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es aquélla, siempre que la humedad relativa sea adecuada (Ricaldi, 1990).

### **3.3.2. Exigencias en suelo**

Aunque admite una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos fuertemente arcillosos, muy calizos y demasiado salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrado (Ricaldi, 1990). Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7,5, aunque en suelo enarenado desarrolla bien con valores de hasta 8,5 (Litzenberger, 1984).

## **3.4. Siembra**

### **3.4.1. Época de siembra**

La siembra se debe efectuar durante todo el año pero la disponibilidad del agua condiciona. La maduración y cosecha debe coincidir con un período seco, sin lluvias (Ricaldi, 1990).

### **3.4.2. Sistema de siembra**

La siembra se hace manualmente, directo en hileras y por golpes, con tacarpo a una profundidad de 5 cm. y colocando de 3-4 semillas/golpe (Ricaldi, 1990).

### **3.4.3. Densidad de siembra**

El distanciamiento de siembra se realiza en función al cultivo, según su porte y hábitos de crecimiento. La cantidad de semilla necesaria para sembrar una hectárea depende de la calidad, tamaño de la semilla, del sistema de cultivo, del método y espacio disponible (Araujo, 1979). Ensayos realizados de distanciamiento realizados en la Estación Experimental Agraria-Tingo María, reportan que los mejores resultados fueron de 0.50 m entre líneas y de 0.20 m entre golpes con la variedad de caupí Black Eye (Vargas, 1989).

### **3.5. Requerimientos nutricionales**

El caupí se adapta a gran diversidad de suelos desde arenosos, limosos hasta los arcillosos, de fértiles a menos fértiles, incluyendo los que son bastante ácidos, esto no significa que el cultivo prefiera los suelos infértiles o ácidos sino que los tolera siempre que la lluvia sea adecuada, el cultivo no se adapta a suelos mal drenados. En el caso de aplicarse fertilizantes, éstos deben colocarse en bandas hacia un lado de la hilera de semillas, para impedir que las nuevas raíces mueran y evitar su interacción indebida con el suelo que tiene a convertir los fosfatos en forma no aprovechable (Litzenberger, 1984).

El ácido fosfórico interviene en la floración y fructificación de una forma decisiva, no consiguiéndose buenos resultados sin cantidades suficientes de este elemento; además, el fósforo incrementa su precocidad y rendimiento (Box, 1961).

El diagnóstico de la fertilización implica conocer los requerimientos nutricionales para alcanzar un rendimiento objetivo y la capacidad del suelo para proveer esos nutrientes en la cantidad y el momento adecuado.

Los requerimientos y extracción en caupi de los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para obtener una producción de 2 toneladas por hectárea se necesitan a razón de 40-20-30 respectivamente (INIA, 1994).

### **3.6. Calidad y fertilidad del suelo**

Como se mencionó anteriormente, la materia orgánica del suelo tiene funciones esenciales desde el punto de vista biológico, físico y químico del suelo. El contenido de materia orgánica es generalmente considerado como uno de los indicadores primarios de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas como ambientales (FAO, 2005).

### **3.7. Nutrientes**

#### **3.7.1. Fósforo**

El fósforo es el elemento encargado de realizar la transferencia energética (sintetizada en las rutas metabólicas). Su esencialidad en todos los procesos que requieran energía limitada desde la fotosíntesis hasta los mecanismos de absorción activa.

Es indispensable en la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad (Maldonado, 2012).

#### **3.7.1.1. Origen**

El fósforo tiene su origen en la descomposición de la roca madre, formada por fosfatos minerales (40 – 80 %) más o menos solubles, que junto con la materia orgánica (20 – 60 %) constituyen la fracción insoluble o de lenta incorporación.

Los fosfatos minerales se encuentran retenidos en el suelo en dos formas: formando parte estructural de arcillas y de los óxidos de hierro y aluminio, o precipitado. Los compuestos resultantes de la precipitación van desde los fosfatos de hierro y aluminio, los fosfatos cálcicos y por último el hidroxiapatito. El fósforo de origen orgánico sufre los mismos procesos de transformación que el nitrógeno.

El fósforo inorgánico condiciona su solubilidad al pH y a la presencia de cationes principalmente divalentes o trivalentes. La fracción más rápidamente disponible se encuentra formada por el fósforo presente en los microorganismos de suelo y la fracción soluble, encontrándose esta en equilibrio con el fósforo adsorbido por la formación de enlaces con bases de cambio.

### 3.7.1.2. Disponibilidad

La disponibilidad del fósforo viene dada por el equilibrio establecido entre los iones en disolución y los iones adsorbidos en el complejo de cambio (por la transformación de enlaces con los cationes de la forma complejo-cation-fósforo). Este equilibrio posibilita la continua disposición de fósforo por la planta pero se encuentra asociada a influencia del pH.

Los enlaces formados con el calcio en medios básicos posibilitan una mayor desorción. En cambio, los formados con hierro y aluminio en medios ácidos son prácticamente insolubles. Este hecho marca el éxito en la fertilización fosfatada pues hay que contar de antemano con una insolubilización del 70 – 80 %, siendo la mitad de este porcentaje de carácter transitorio, mientras que el otro permanece insoluble. Solo el 10 % es absorbido por la planta.

Con el objeto de evaluar la fracción de fósforo que queda disponible en el suelo asociado a su determinación en laboratorio como Fósforo Olsen ha sido puesto a punto mediante técnica de incubación. El método para estimar en el laboratorio la capacidad tampón de fósforo o CP (Kg. de P que es necesario agregar a 1 ha. de suelo para aumentar en 1 mg.kg<sup>-1</sup> el P Olsen hasta una profundidad de 0,20 m), consistente en la incubación de un volumen de suelo con P a 60° C durante 24 horas, equivalente a 1 a 3 meses a 25° C. Los fosfatos insolubles son solubilizados parcialmente gracias a la secreción de ácidos por la raíces y a la presencia de micorrizas.

### 3.7.1.3. Función

La función principal del fósforo es la de realizar el almacenamiento y la transferencia de la energía en toda la planta. La adenosina trifosfato (ATP) y la adenosina difosfato (ADP) son compuestos altamente energéticos (gracias al enlace P-P) que son responsables del éxito de un gran número de procesos como la fotosíntesis, respiración, síntesis de ácidos nucleídos y proteínas, además de ser el gran dador de energía en los mecanismos de transporte activo.

Para la planta resulta esencial en la formación de semillas. Estimula el crecimiento radicular y la capacidad de evitar la infección por patógenos de suelo. Desde el punto de vista mecánico mejora la firmeza de la misma (resistencia al encamado en cereales). Interviene en la entrada en maduración temprana de la planta y acentúa las propiedades organolépticas.

Mejora la resistencia al frío  
(<https://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral>).

### 3.8. Superfosfato triple

El superfosfato triple (SFT) fue uno de los primeros fertilizantes fosfatados con alto contenido de fósforo (P) que se utilizó ampliamente en el siglo 20. Técnicamente, se conoce como fosfato diácido de calcio y como fosfato monocalcico  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ . Es una excelente fuente de P, pero su uso ha disminuido al volverse más populares otros fertilizantes fosfatados.

### **13.8.1. Producción**

El concepto de la producción de SFT es relativamente simple. El SFT sin granular se produce habitualmente por reacción de roca fosfórica finamente molida con ácido fosfórico líquido en un mezclador de tipo cónico. El SFT granulado se hace de manera similar, pero la suspensión resultante se rocía como un revestimiento sobre pequeñas partículas para construir gránulos del tamaño deseado. El producto de ambos métodos de producción se deja curar durante varias semanas para que las reacciones químicas se completen lentamente. La química y el proceso de la reacción pueden variar un poco dependiendo de las propiedades de la roca fosfórica.

### **3.8.2. Uso agrícola**

El SFT tiene varias ventajas agronómicas que lo hicieron una fuente de P popular durante muchos años. Tiene el mayor contenido de P de los fertilizantes sólidos que no contienen nitrógeno (N). Más del 90% del P total en el SFT es soluble en agua, por lo que se vuelve rápidamente disponible para las plantas. A medida que la humedad del suelo disuelve los gránulos, la solución del suelo concentrada se vuelve ácida. El SFT también contiene un 15% de calcio (Ca), proporcionando un nutriente adicional para las plantas.

Un uso importante del SFT se da en situaciones en las que varios fertilizantes sólidos se mezclan para ser aplicados al voleo en la superficie del suelo o para su aplicación en una banda concentrada debajo de la superficie. También es aconsejable para la fertilización de los cultivos de leguminosas, tales como la alfalfa o porotos (frijoles), donde no se necesita fertilización nitrogenada adicional para complementar la fijación biológica de N (<https://www.ipni.net/specifcs>).

### **3.8.3. Prácticas de manejo**

La popularidad del SFT se ha reducido debido a que el contenido total de nutrientes ( $N + P_2O_5$ ) es inferior al de fertilizantes como el fosfato monoamónico, que en comparación contiene 11% de N y 52% de  $P_2O_5$ . Los costos de producción del SFT pueden ser superiores a los de fosfatos de amonio, por lo que los aspectos económicos del SFT son menos favorables en algunas situaciones.

Todos los fertilizantes fosfatados deben ser manejados para evitar pérdidas en el escurrimiento superficial del agua de los campos. La pérdida de fósforo de las tierras agrícolas adyacentes o aguas superficiales puede contribuir a la estimulación del crecimiento.



### **3.9. Algunas experiencias de trabajos en ensayos de fertilización en Caupi**

✓ Tuesta (1985) en su trabajo de investigación concluye:

En un experimento de fertilización realizado en la provincia de San Martín – Tarapoto, con distanciamientos de 0.20 m entre golpe y 0.60 m entre hileras, colocando de 4 a 5 semillas en cada hoyo, logro un rendimiento máximo de 2, 182 Kg.ha<sup>-1</sup> con un tratamiento de 100-0 (P-K).

Otros experimentos con aplicación combinada de fosforo y potasio en las condiciones agroecológicas de Tarapoto, señalaron que el mejor rendimiento obtenido para el frijol caupi fue la dosis de 100 – 0 (P-K) y que el rendimiento de peso total de semilla por tratamiento fue influenciado por el fosforo en la dosis de 100 Kg.ha<sup>-1</sup>.

✓ Scheffer (1970) en su informe sobre fertilización manifiesta:

El caupi puede cubrir su demanda de nitrógeno por los nódulos radiculares, los tratamientos con fosforo y potasio dependen de las condiciones del suelo, mientras que en suelos ricos en nutrientes el tratamiento de fosforo y potasio no es necesario.

En suelos pobres de baja fertilidad se recomienda emplear hasta 50 y 100 Kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo y potasio respectivamente

✓ Gomez (1983) en su trabajo de investigación reportó:

En ensayos realizados con NPK en la zona de Tulumayo se llegó a las siguientes conclusiones: estudiando y analizando los efectos de los 3 elementos aisladamente, se ha establecido que el fósforo ha sido el factor que a tenido influencia en los rendimientos, el nitrógeno y el potasio no han tenido respuesta. El mejor rendimiento obtenido correspondió al tratamiento de 50 Kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo, con un rendimiento de 2, 521 Kg.ha<sup>-1</sup> de grano seco

✓ Meléndez (1992) en su trabajo de investigación concluye:

1. En el experimento de fertilización fosfórica realizado en el sector de Juan Guerra, bajo Mayo se obtuvo que los rendimientos de grano seco por hectárea no hubo respuesta significativa entre las diferentes líneas por dosis de fertilización, siendo la interacción L1D1 la que obtuvo el mayor rendimiento de 1, 229.04 Kg.ha<sup>-1</sup>.
2. No se encontró diferencia significativa entre líneas y dosis para las características: número de plantas cosechadas, número de vainas por planta, tamaño de vaina y número de grano por vaina, debido posiblemente al efecto genotipo-ambiente.
3. La línea 3 demostró un comportamiento precoz con relación a las líneas 2 y 1, en las características días a la floración y a la maduración.
4. La línea 2 tuvo mayor altura de planta (144,69 cm) que las líneas 1 (116,40 cm) y 3 (57,88 cm) debido a su hábito de crecimiento.
5. En los análisis de suelo se observó que el fósforo aumento conforme se incrementó la dosis de fertilización, dejando mayor residuo de este macro nutriente en el suelo, que puede ser aprovechado en las campañas siguientes.

6. Solo la interacción L2D3 presento rentabilidad positiva, comparativamente con las demás interacciones, es decir que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de 0,34 soles en promedio.

### **3.10. Investigaciones similares en Fabáceas de grano**

#### **Evaluación de la tolerancia al déficit de Fósforo en Caupí (*Vigna unguiculata* L. WALP) en CUBA. II. (Gómez *et al.*, 2005).**

Se evaluó la tolerancia al déficit de P de ocho variedades comerciales en Cuba. Se emplearon macetas con suelo a varias dosis de P. Los resultados mostraron (empleando la metodología de Cate y Nelson 1971) que los niveles crítico para máxima acumulación de N foliar fueron de 10 ó 60 mg de P/kg de suelo, si se emplean las técnicas de Bray 1 u Onianí respectivamente para la determinación de los niveles de P disponibles. Los genotipos mostraron diferencias en rendimiento relativo, respuesta y consumo de P para acumular N foliar; así como en capacidad para producir raíces y en la actividad de las raíces para extarar P de la solución de suelo, independientemente del hábito de crecimiento. Las diferencias en N acumulado a baja disponibilidad de P entre los diversos cultivares se debieron más a variaciones en eficiencia del uso del P que, a cambios en la habilidad para extraer el elemento de la solución de suelo. Habana 82 y California Blackeyes V respectivamente fueron las variedades más promisorias a la deficiencia de fósforo.

**Fuentes fosfóricas de diferente solubilidad para frijol común evaluadas por método isotópico (García *et al.*, 2005).**

Se condujeron experimentos en casa de cristales de la Estación Experimental La Renée ubicada en la provincia Habana en el año 2003. El objetivo fue evaluar fuentes fosfóricas de diferente solubilidad para frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando dos suelos, Acrisol y Ferralsol ródico, y la técnica de dilución isotópica con  $^{32}\text{P}$ . Las fuentes fosfóricas evaluadas fueron roca fosfórica (RF) Trinidad de Guedes, RF parcialmente solubilizada al 50 % con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (producto denominado comercialmente FPA 50) y superfosfato simple (SS) en el Acrisol y superfosfato triple (SFT) en el Ferralsol ródico. Los genotipos de frijol empleados en el Acrisol fueron BAT 477, DOR 364, DOR 390 y Censa, mientras que en el Ferralsol fueron BAT 58, BAT 477, DOR 364 y CC-25-9(N). Se evaluó producción de materia seca y extracción de P y se determinó la fracción (%) y cantidad de P en planta derivado de los portadores y % de eficiencia de uso del fertilizante. La RF en aplicación directa fue poco efectiva mientras que los superfosfatos y el FPA 50 resultaron efectivos en ambos suelos. Hubo diferencia varietal en la respuesta vegetal y en la utilización del P de las fuentes, que también dependió de las características del suelo.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Materiales**

#### **4.1.1. Ubicación del campo experimental**

El campo experimental está ubicado en el “Fundo San Luis”, propiedad del Ing. Jaime Montilla Vela; a 12.5 Km de la ciudad de Tarapoto. Carretera Marginal Norte, en el sector Fananga del distrito de Cuñumbuque, provincia de Lamas, región San Martín.

##### **➤ Ubicación Geográfica**

- Longitud Sur : 06°30'36"
- Longitud Oeste : 76°28'50"
- Altitud : 288 msnm

##### **➤ Ubicación política**

- Región : San Martín
- Provincia : Lamas
- Distrito : Cuñumbuque
- Lugar : Fundo San Luis

#### **4.1.2. Historia del campo**

En el terreno donde se instaló el trabajo de investigación, anteriormente se desarrollaron sembríos de cultivo de arroz (variedad Capirona) con sistema de inundación, al momento que se dispuso el trabajo de instalación del proyecto de tesis, se encontraron rastros de la campaña y malezas.



**Figura 1: Fotografía plana del campo previo a ser instalado el trabajo.**

#### **4.1.3. Vías de acceso**

La carretera Fernando Belaúnde Terry Tarapoto – Moyobamba Km. 12.5, es la principal vía de acceso, entrando al margen izquierdo sector Fananga, carretera que conduce al fundo “San Luis” perteneciente al distrito de Cuñumbuque.

#### **4.1.4. Características climáticas**

La zona presenta una zona de vida Bosque seco tropical, presentada una precipitación promedio anual que varía entre 1000 a 1400 mm por año, con una temperatura media anual de 25 a 28 ° C.

En el cuadro 3 se presenta los datos meteorológicos registrados en los meses de diciembre (2013), enero y febrero (2014), época en que se llevo a cabo el experimento. Los datos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

**Cuadro 3: Datos meteorológicos registrados en la zona de Cuñumbuque  
entre los meses de enero a diciembre del 2013-2014**

<b>2013-2014</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>
	<b>Prom. Max.</b>	<b>Prom. Min</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
<b>DICIEMBRE</b>	33.1	22.2	85.0	78
<b>ENERO</b>	32.3	22.2	154.7	80
<b>FEBRERO</b>	31.5	21.9	134.2	84

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 2014

#### **4.2. Metodología**

##### **4.2.1. Conducción del experimento**

El trabajo de investigación se ejecutó en 4 meses, de acuerdo a lo estipulado con el cronograma de actividades y se instaló en un terreno destinado a la investigación del experimento.

##### **4.2.2. Instalación de unidades experimentales.**

Se instalaron 24 parcelas experimentales de 3.0 m x 3.5 m., haciendo un total de 390 m<sup>2</sup> del área experimental.

##### **a. Preparación del terreno.**

Se habilitó un área determinada para el presente experimento (fundo San Luis, propiedad del Ing. Jaime Montilla Vela).

**b. Obtención del insumo a evaluar (Fertilizante).**

El fertilizante se obtuvo de una tienda que se encarga de la comercialización de venta de fertilizantes en Tarapoto.

**c. Obtención de material biológico.**

La semilla de caupí (*vigna unguiculata*) de la variedad “Blanco Cumbaza INIA” se obtuvo de la cosecha de un productor.

**4.3. Disposición del experimento**

El presente trabajo se adecuó al diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones.

**4.4. Diseño y características del experimento**

- **Diseño experimental:**

El presente proyecto se condujo en campo, utilizando un Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 06 tratamientos (5 con Superfosfato triple y un testigo absoluto) y 04 repeticiones por cada tratamiento.

- **Unidad experimental:** 3 m x 3.5 m (10.50 m<sup>2</sup>)

- **Características del diseño experimental**

Número de tratamientos (t)	: 6
Número de bloques (b)	: 4
Número total de UE	: 24
Número de repeticiones	: 4



**a. Campo experimental**

Largo	:	26.00 m
Ancho	:	15.00 m
Área total	:	390.00 m <sup>2</sup>
Nº de tratamientos	:	6
Nº de repeticiones	:	4
Nº de parcelas	:	24

**b. Bloques o repeticiones**

Nº de repeticiones	:	4
Largo	:	26.00 m
Ancho	:	3.00 m
Área total	:	64.50 m <sup>2</sup>
Calles	:	1.00 m

**c. Parcelas**

Nº de parcelas	:	24
Nº parcelas/bloque	:	6
Largo	:	3.50 m
Ancho	:	3.00m
Área total	:	10.50 m <sup>2</sup>
Calles	:	1.00 m

**Cuadro 4: Tratamientos y aleatorización**

Clav e	Insumos	Dosis	Bloques			
			I	II	III	IV
T <sub>0</sub>	Sin aplicar	$P_2O_5$ (0)Kg.ha <sup>-1</sup>	10	20	30	40
T <sub>1</sub>	Superfosfato triple	$P_2O_5$ (20)Kg.ha <sup>-1</sup>	11	21	31	41
T <sub>2</sub>	Superfosfato triple	$P_2O_5$ (40)Kg.ha <sup>-1</sup>	12	22	32	42
T <sub>3</sub>	Superfosfato triple	$P_2O_5$ (60)Kg.ha <sup>-1</sup>	13	23	33	43
T <sub>4</sub>	Superfosfato triple	$P_2O_5$ (80) Kg.ha <sup>-1</sup>	14	24	34	44
T <sub>5</sub>	Superfosfato triple	$P_2O_5$ (100) Kg.ha <sup>-1</sup>	15	25	35	45

#### **4.5. Características Edáficas**

El análisis físico químico del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, se puede interpretar de la siguiente manera:

Se establece que la clase textural es arcillosa. El contenido de materia orgánica esta en cantidades medias.

#### **4.6. Procedencia de la semilla**

Se ha seleccionado las semillas de varios agricultores, dado que no existe semilla certificada, ni registrada, teniendo como procedencia el caserío de Churuzapa, provincia de Lamas, departamento de San Martín, la variedad obtenida fue Blanco INIA Cumbaza.

**Cuadro 5: Análisis físico-químico del suelo – sector Fanaga –  
Cuñumbuque**

MUESTRA DE SUELO	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
<b>Textura.</b>		<b>Arcilla.</b>
Arena.	16 %	
Arcilla.	49 %	
Limo.	35 %	
<b>pH</b>	7.73	<b>Medianamente alcalino.</b>
<b>M.O.</b>	2.27 %	<b>Medio.</b>
<b>Nitrógeno</b>	0.114 %	<b>Normal.</b>
<b>Fósforo</b>	29 ppm	<b>Alto.</b>
<b>Potasio</b>	337.53 ppm	<b>Muy alto.</b>

Fuente: Laboratorio de suelos de la FCA-UNSM-T, 2013

#### **4.7. Conducción del experimento**

##### **a. Muestreo del suelo**

Se realizó el análisis físico-químico correspondiente, el cual se inicio con la toma de muestra del suelo, de acuerdo a las técnicas establecidas, los resultados del análisis del suelo se muestra en el cuadro 5.

##### **b. Preparación del terreno**

Se procedió a pasar rastra semi pesada, en forma cruzada hasta que el terreno quedo completamente mullido.

### **c. Parcelación**

Consistió en demarcar los 4 bloques con sus respectivas parcelas, cada bloque separado por calles de 1,00 m de ancho, en igual manera las calles perimétricas.

### **d. Siembra**

Se desarrolló de forma tradicional con la ayuda del tacarpo, colocando de 3 semillas por golpe a una profundidad aproximada de 3,00 cm, con un distanciamiento de 25,00 cm entre golpe y 50,00 cm entre hileras.

### **d. Fertilización**

Se aplicó el fertilizante (Superfosfato triple), los cuales se colocaron en forma de golpes hacia un lado de la hilera de las plantas, a los 15 días después de la siembra. Se aplicó las siguientes cantidades para cada tratamiento:

Tratamiento 1 = 87,32 g de Superfosfato triple

Tratamiento 2 = 269,80 g de Superfosfato triple

Tratamiento 3 = 452,41 g de Superfosfato triple

Tratamiento 4 = 635,02 g de Superfosfato triple

Tratamiento 5 = 817,64 g de Superfosfato triple

### **e. Desahijé**

Se desarrolló a los 16 días después de la siembra, dejando las dos plantas más vigorosas por golpe.

### **f. Control de malezas**

Se efectuó dos deshierbos en forma manual a los 20 y 45 días de siembra.

#### **g. Control de Plagas**

Se aplicó a manera de control un producto que es una mezcla de dos insecticidas de diferentes modos de acción thiametoxam y lambda cialotrina a los 23, 35 y 50 días después de la siembra.

#### **h. Cosecha**

La cosecha se efectuó de forma manual, a los 87 días después de la siembra, las vainas cosechadas se trillaron posteriormente en forma manual.

### **4.8. Variables evaluadas**

- **Altura de planta**

Se realizó 1 evaluación a los 60 días de emergencia de las plantas. Las mediciones se realizaron en 10 plantas por tratamiento con la ayuda de una regla milimétrica, procediendo la medición desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta.

- **Tamaño de vainas**

Con la ayuda de una regla milimétrica se midió el tamaño de 10 vainas por tratamiento.

- **Número de vainas por planta**

Se contabilizó el número de vainas por plantas en el momento de la cosecha, de 10 plantas al azar dentro del área neta experimental ( $1m^2$ ).

- **Número de granos por vainas**

Se tomaron 10 vainas al azar por cada unidad experimental y en ellas se contaron el número de granos por vaina.

- **Peso de 100 granos**

Para determinar el peso de 100 granos, se contaron 200 granos al azar por unidad experimental y luego se pesaron en una balanza de precisión, este peso luego se dividió entre 2, obteniendo el peso de 100 granos.

- **Rendimiento de granos**

Teniendo los datos expresados en gramos.subparcela neta<sup>-1</sup>, se procedió a calcular los verdaderos rendimientos expresados en t.ha<sup>-1</sup> para lo cual se utilizaron las siguientes fórmulas matemáticas:

$$R = \frac{\text{Peso en campo (Kg.)}}{\text{Área de cosecha (m}^2\text{)}} \times \frac{10\,000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ Tn}}{1\,000 \text{ Kg}} \times \text{F.C.}$$

**Donde:**

**R:** Rendimiento en t/ha.

**Peso de campo:** Peso de gramos obtenidos de cada sub-parcela experimental expresados en Kg.

**Área de cosecha:** Espacio delimitado para la cosecha, expresados en m<sup>2</sup>.

**F.C:** Factor de corrección que se utiliza para ajustar la humedad de campo a humedad comercial cuya fórmula es:

$$\text{F.C} = \frac{(100 - \text{HC})}{(100 - \text{H CM})}$$

**Siendo:**

**H.C.** = Humedad de campo obtenida inmediatamente después de la cosecha.

**H.CM.** = Humedad comercial, que se ajusta para el caso de los frijoles, a 14%.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Altura de planta

**Cuadro 6 : Análisis de varianza para la Altura de planta (cm)**

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
<b>Bloques</b>	7,095	3	2,365	1,495	0,256 N.S.
<b>Tratamientos</b>	323,132	5	64,626	40,863	0,000 **
<b>Error experimental</b>	23,723	15	1,582		
<b>Total</b>	353,950	23			

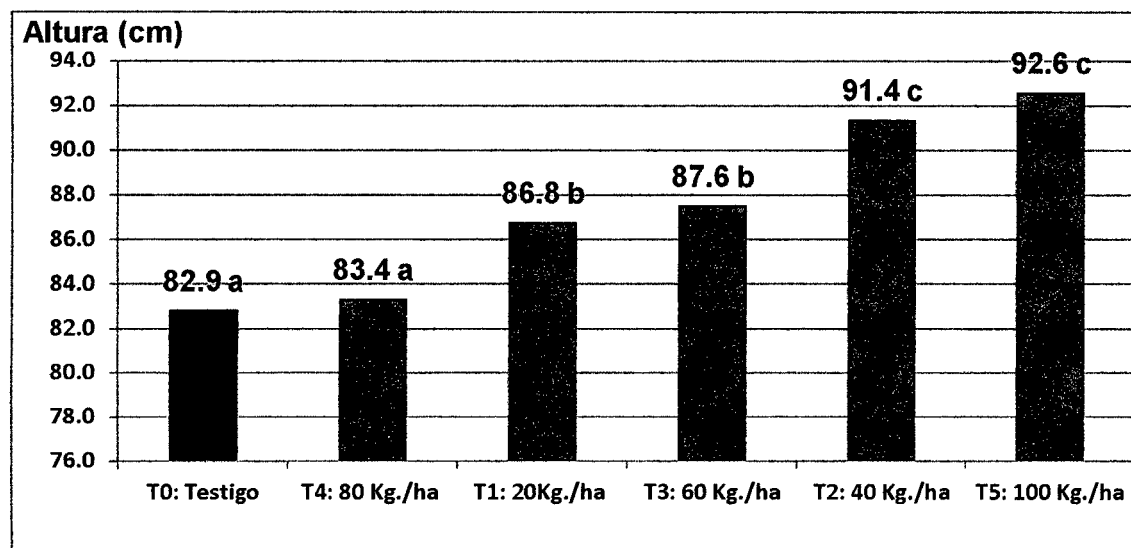
Promedio = 87.43

C.V.= 1.44%

$R^2 = 93.3\%$

N.S. No significativo

\*\*Significativo ( $P < 0.01$ )



Letras distintas indican diferencias significativas.

**Gráfico 1: Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0.05$ ) para promedios de Altura de plantas de caupí.**



## 5.2. Longitud de vainas

**Cuadro 7: Análisis de varianza para la Longitud de la vaina (cm)**

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
<b>Bloques</b>	0,055	3	0,018	0,072	0,974 N.S.
<b>Tratamientos</b>	14,377	5	2,875	11,357	0,000 **
<b>Error experimental</b>	3,798	15	0,253		
<b>Total</b>	18,230	23			

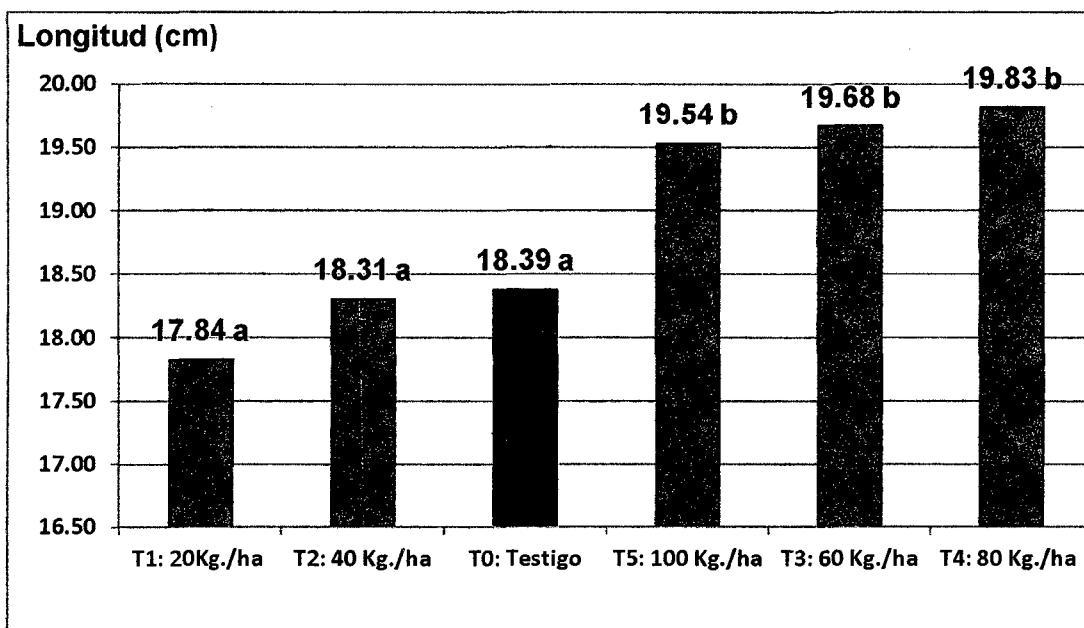
Promedio = 18.93

C.V.= 2.66%

R<sup>2</sup> = 79,2%

N.S. No significativo

\*\*Significativo (P<0.01)



Letras distintas indican diferencias significativas.

**Gráfico 2: Prueba de rangos múltiples de Duncan (P<0.05) para promedios de longitud de vainas en plantas de caupí.**

5.3. Número de granos por vaina

Cuadro 8: Análisis de varianza para el Número de granos por vaina (datos transformados por  $\sqrt{x}$ )

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,001	3	0,00033	0,168	0,916 N.S.
Tratamientos	0,060	5	0,012	10,489	0,000 **
Error experimental	0,017	15	0,001		
Total	0,078	23			

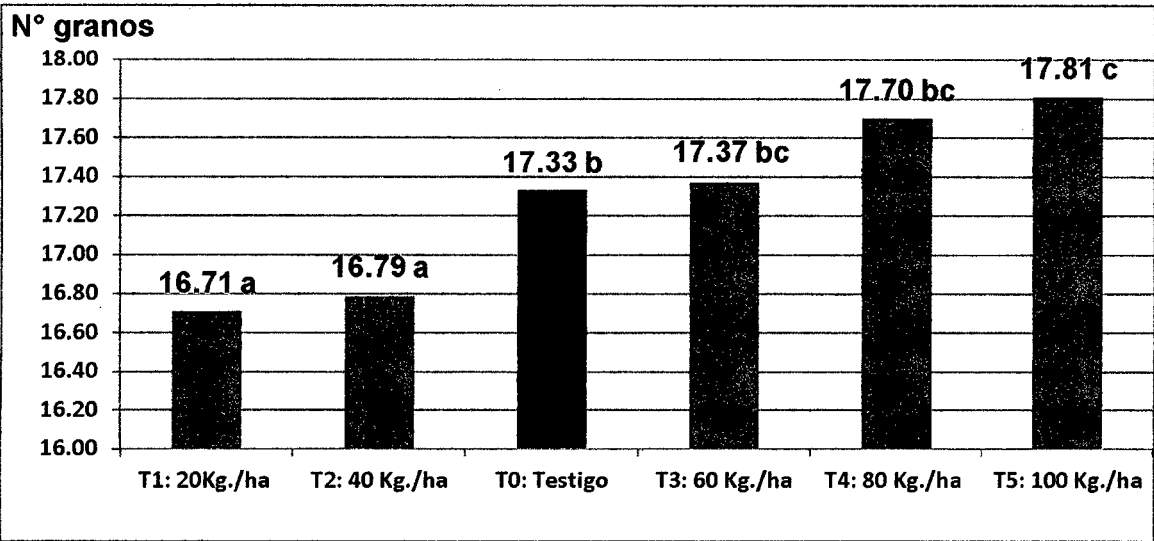
Promedio = 4.16

C.V.= 0.76%

$R^2 = 77.9\%$

N.S. No significativo

\*\*Significativo ( $P<0.01$ )



Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfico 3: Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P<0.05$ ) para promedios de número de granos por vaina

5.4. Número de vainas por planta

Cuadro 9: Análisis de varianza para el Número de vainas por planta (datos transformados por Vx)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,022	3	0,007	1,586	0,234 N.S.
Tratamientos	0,428	5	0,086	18,430	0,000 **
Error experimental	0,070	15	0,005		
Total	0,519	23			

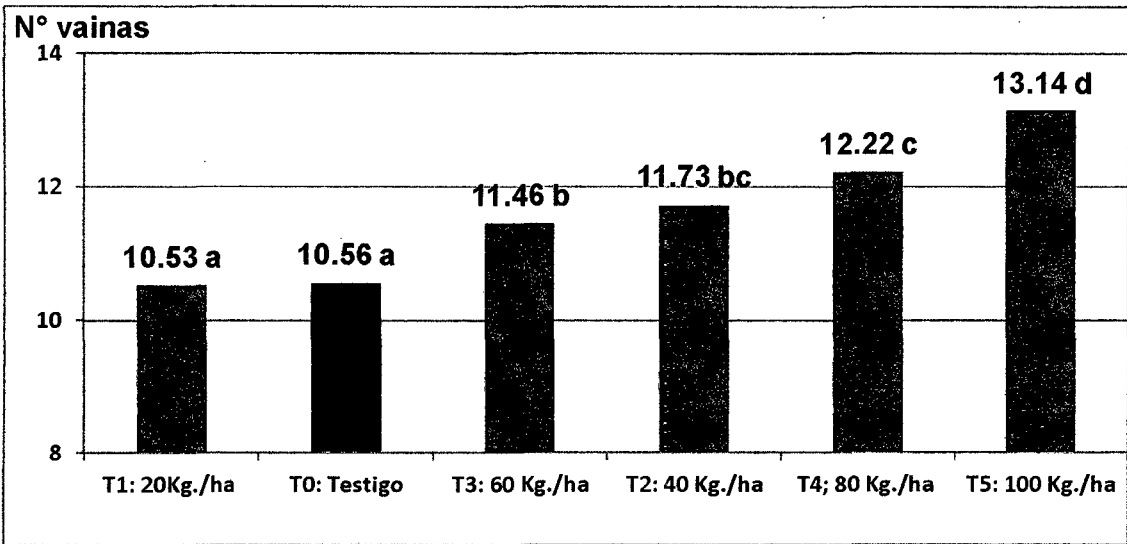
Promedio = 3.37

C.V.= 2.1%

R<sup>2</sup> = 86.6%

N.S. No significativo

\*\*Significativo (P<0.01)



Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfico 4: Prueba de rangos múltiples de Duncan (P<0.05) para promedios de Número de vainas por planta.

5.5. Peso de 100 granos

Cuadro 10: Análisis de varianza para el Peso de 100 granos (g)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,039	3	0,013	0,172	0,914 N.S.
Tratamientos	8,892	5	1,778	23,292	0,000 **
Error experimental	1,145	15	0,076		
Total	10,076	23			

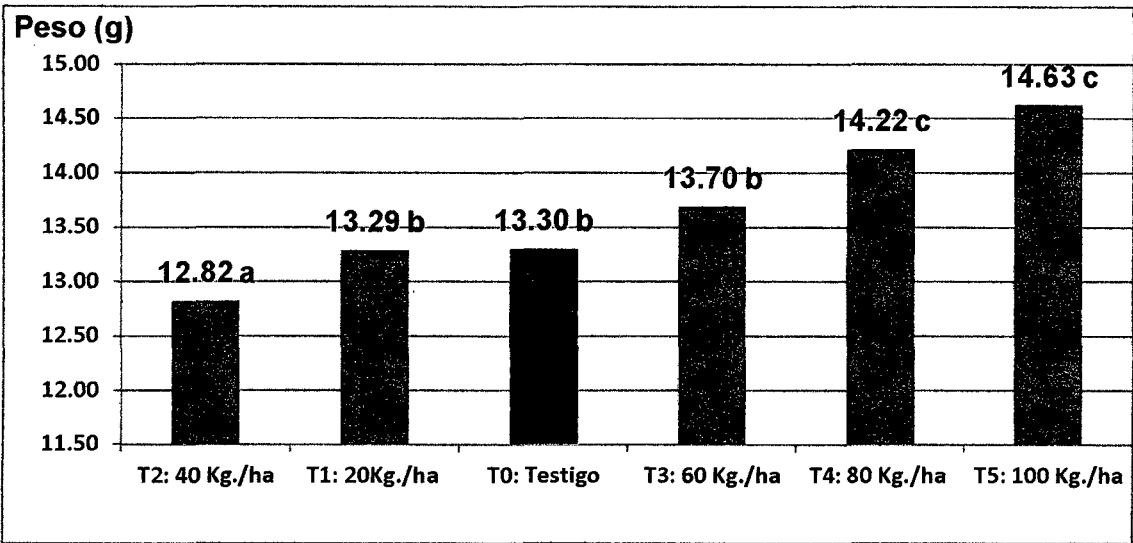
Promedio = 13.66

C.V.= 2.01%

R<sup>2</sup> = 88.6%

N.S. No significativo

\*\*Significativo (P<0.01)



Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfico 5: Prueba de rangos múltiples de Duncan (P<0.05) para promedios de Peso de cien granos.

5.6. Rendimiento

Cuadro 11: Análisis de varianza para el Rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup>

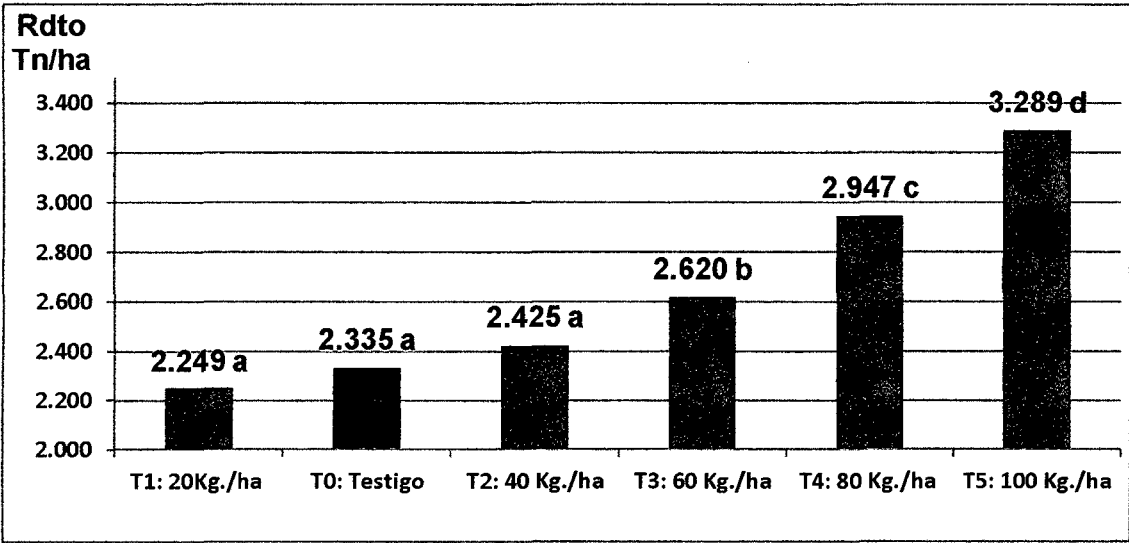
Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	84962,886	3	28320,962	1,851	0,181 N.S.
Tratamientos	3232140,763	5	646428,153	42,242	0,000 **
Error experimental	229546,561	15	15303,104		
Total	3546650,210	23			

Promedio = 2644.45

C.V.= 4,7 %

R<sup>2</sup> = 93.5%

N.S. No significativo  
\*\*Significativo (P<0.01)



Letras distintas indican diferencias significativas

Gráfico 6: Prueba de rangos múltiples de Duncan (P<0.05) para promedios de Rendimiento en Tn.ha-1

## **VI. DISCUCIONES**

### **6.1. De la altura de planta expresado en centímetros**

El análisis de varianza (cuadro 6) determinó la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variabilidad de los tratamientos. La explicación del efecto de los tratamientos estudiados sobre la altura de planta fue de orden de 93,3% determinado por el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), asimismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,44% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

En el gráfico 1, se muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para los promedios de tratamientos ordenados de menor a mayor y el cual ha revelado la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, donde los tratamientos T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) con promedios estadísticamente iguales entre sí con 92.6 cm y 91.4 cm de altura de planta respectivamente, superaron estadísticamente a los promedios de los tratamientos T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 87,6 cm, 86,8 cm, 83,4 cm y 82,9 cm de altura de planta, respectivamente.

Puesto que en el Superfosfato Triple (SFT) más del 90% del P total es soluble en agua, por lo que se vuelve rápidamente disponible para las plantas. A medida que la humedad del suelo disuelve los gránulos, la solución del suelo concentrada se vuelve ácida. El SFT también contiene un 15% de calcio (Ca), proporcionando un nutriente adicional para las plantas. También es aconsejable para la fertilización de los cultivos de leguminosas, tales como la alfalfa o porotos (frijoles), donde no se necesita fertilización nitrogenada adicional para complementar la fijación biológica de N. Los fertilizantes fosfatados tienen un efecto residual ácido sobre los suelos, aunque inicialmente tiene una reacción alcalina (debido al  $\text{HPO}_4^{-2}$ ), por lo que son muy adecuados para suelos neutros o básicos ([http://www.ipni.net/publication/nss-s.nsf/0/A9E420198D408C1985257BBA0059C636/\\$FILE/NSS-ES-14.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-s.nsf/0/A9E420198D408C1985257BBA0059C636/$FILE/NSS-ES-14.pdf)).

En tal sentido, los resultados obtenidos nos demuestran que aplicaciones crecientes de fertilización fosfórica (superfosfato triple) han influenciado en la altura de planta, pudiéndose explicar debido a que la acidificación es la tendencia del complejo de cambio del suelo a cargarse con iones  $\text{H}^+$ , con el consiguiente detrimento del resto de los cationes minerales. La acidificación del suelo es favorecida por la aplicación de ciertos fertilizantes. Los suelos sin una importante reserva de Ca, pueden presentar un proceso de acidificación, tanto más rápido cuanto más intensivo es el cultivo y cuanto mayores son los aportes de fertilizantes acidificantes (Ginés y Mariscal-Sancho, 2002). El mismo autor manifiesta que La descalcificación se produce con el abandono de cationes  $\text{Ca}^{2+}$  del complejo de cambio del suelo.

Si en el suelo no existe una reserva de calcio, la descalcificación aparece como una fase preliminar de la acidificación. Generalmente el calcio es el catión más abundante y su salida facilita la fijación de iones  $H^+$  para contrarrestar la carga del complejo. Este proceso explica de sobremanera que haya existido mayor disponibilidad de  $P_2O_5$  disponible para la planta.

## **6.2. De la longitud de la vaina expresado en centímetros**

El análisis de varianza (cuadro 7) determinó la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variabilidad Tratamientos, La explicación del efecto de los tratamientos estudiados sobre la longitudes de la vaina fue del orden de 79,2% determinado por el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), asimismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 2,66% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

En el gráfico 2, se muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para los promedios de tratamientos ordenados de menor a mayor y el cual ha revelado la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, donde los tratamientos T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ), T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ), y T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) con promedios estadísticamente iguales entre sí con 19,83 cm, 19,68 cm y 19,54 cm de longitud promedio de la vaina respectivamente, superaron estadísticamente a los promedios de los tratamientos T0 (testigo), T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) y T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ), quienes obtuvieron promedios de 18,39 cm, 18,31 cm y 17,84 cm de longitud de la vaina, respectivamente.



El pH del suelo (o del sustrato de cultivo) determina la asimilabilidad de los nutrientes; y los fertilizantes tienen una importante influencia sobre dicho pH. La incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo depende principalmente de su perfil acidificante de la composición química del fertilizante, de su carácter descalcificante o calcificante y de la capacidad tamponadora del suelo. En tanto el pH del suelo donde se realizó el presente trabajo de investigación fue de 7,73 (medianamente alcalino) y el contenido de P fue de 29 ppm (alto) (cuadro 9) sin que necesariamente este nutriente esté disponible, podemos asumir que el fosfato monocálcico ácido reacciona con un componente alcalino para producir dióxido de carbono, el agente leudante de muchos productos horneados. En tal sentido, cabe señalar que los fertilizantes fosfatados tipo monocálcico como el Superfosfato Triple pueden acidificar por algunos días la zona de aplicación (en torno al granulo del fertilizante), hasta valores de pH tan bajos como 1,5; sin embargo, esta acidez localizada es rápidamente neutralizada por los componentes del suelo, es por ello que agronómicamente se les conoce como fertilizantes de reacción neutra (Sadsawka y Campillo, 1993).

### 6.3. Del número de granos por vainas

El análisis de varianza (cuadro 8) determinó la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variabilidad Tratamientos. La explicación del efecto de los tratamientos estudiados sobre el número de granos por vaina fue del orden de 77,9% determinado por el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), asimismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 0,76% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

En el gráfico 3, se muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para los promedios de tratamientos ordenados de menor a mayor y el cual ha revelado la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, donde los tratamientos T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) con promedios estadísticamente iguales entre sí con 17,81 granos, 17,7 granos y 17,37 granos por vaina respectivamente. Siendo que el T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), superó estadísticamente a los promedios de los tratamientos T0 (testigo), T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), quienes obtuvieron promedios de 17,33 granos, 16,79 granos y 16,71 granos por vaina respectivamente.

Estos resultados pueden deberse a que se cumplió lo dicho, que es una planta que requiere mayor precipitación en la etapa de crecimiento vegetativo, menor cantidad en el llenado de granos en vainas o con escasas lluvias en la maduración y secado de vainas (Ricaldi, 1990), las precipitaciones durante el experimento fueron favorables para poder obtener un mayor número de granos por vaina, considerando que en el mes de enero la precipitación fue la más alta (154,7 mm), donde alcanzó su máximo crecimiento vegetativo y una mejor floración, favoreciendo el mes de febrero para el llenado y la maduración del grano, pues las precipitaciones descendieron (134,2 mm).

Se puede corroborar además sobre la maduración y cosecha, con otro autor que menciona que debe coincidir con un periodo seco y sin lluvias (Ricaldi, 1990), para lo cual el mes en que se realizó la maduración y cosecha fue el periodo donde se registraron las más bajas precipitaciones a comparación de los demás meses que duró el experimento.

#### 6.4. Del Número de vainas por planta

El análisis de varianza (cuadro 9) estableció la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variabilidad Tratamientos. La explicación del efecto de los tratamientos estudiados sobre el número de vainas por planta fue del orden de 76.6% determinado por el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), asimismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 2,1% se encuentra dentro del rango aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

En el gráfico 4, se muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para los promedios de tratamientos ordenados de menor a mayor y el cual ha revelado la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, donde el tratamiento T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) obtuvo el mayor promedio con 13,14 vainas por planta, superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los tratamientos T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T0 (testigo) y T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), quienes alcanzaron promedios de 12,22 vainas, 11,73 vainas, 11,46 vainas, 10,56 vainas y 10,53 vainas por planta respectivamente.

Los resultados han sido favorecidos por las condiciones de temperatura que fueron las adecuadas durante el desarrollo del experimento, permitiendo un mejor desarrollo de las vainas durante su formación; considerando la información que la temperatura media es de 20-26 °C y la óptima 23°C. para la formación de vainas (CIAT, 1987), alcanzando estas temperaturas durante los 3 meses de duración del experimento.

### 6.5. Del peso de 100 granos

El análisis de varianza (cuadro 10) estableció la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variabilidad Tratamientos, El efecto de los tratamientos estudiados sobre el peso de 100 granos se explica en 76,6% determinado por el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), asimismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 2,01% se encuentra dentro del rango aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

En el gráfico 5, se muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para los promedios de tratamientos ordenados de menor a mayor y el cual ha revelado la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, donde los tratamientos T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) obtuvieron promedios estadísticamente iguales entre sí con 14,63 g y 14,22 g de peso de 100 granos respectivamente, superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los tratamientos T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T0 (testigo), T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) quienes alcanzaron promedios de 13,7 g, 13.3 g, 13,29 g y 12,82 g de peso de 100 granos respectivamente.

Estos resultados corroboran el efecto directamente proporcional de la aplicación de ácido fosfórico a través del Superfosfato Triple en relación al incremento en peso del grano del cultivo de caupí (*vigna unguiculata*).

Así mismo el ácido fosfórico interviene en la floración y fructificación de una forma decisiva, no consiguiéndose buenos resultados sin cantidades suficientes; además, el fósforo incrementa su precocidad y rendimiento (Box, 1961).

#### **6.6. Rendimiento de granos**

El análisis de varianza (cuadro 11), detectó la existencia de diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para la fuente de variabilidad Tratamientos, El efecto de los tratamientos estudiados sobre el rendimiento se explica en 93,5% determinado por el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), asimismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 4,7% se encuentra dentro del rango aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

En el gráfico 6, se muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para los promedios de tratamientos ordenados de menor a mayor y el cual ha revelado la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, donde el tratamiento T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) arrojó el mayor promedio con  $3,289 \text{ Tn.ha}^{-1}$  superando estadísticamente a los promedios alcanzados por los tratamientos T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T0 (testigo), T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), quienes alcanzaron promedios  $2,947 \text{ t.ha}^{-1}$ ,  $2,620 \text{ t.ha}^{-1}$ ,  $2,425 \text{ t.ha}^{-1}$ ,  $2,335 \text{ t.ha}^{-1}$  y  $2,249 \text{ t.ha}^{-1}$  de rendimiento respectivamente.

El caupí es una leguminosa de grano más tolerante a la deficiencia de fósforo (P) en comparación con la soya y el frijol común (Cassman *et al.*, 1981; Gómez *et al.*, 2002). En este último trabajo mencionado la mayor tolerancia de la especie, así como las variaciones entre los genotipos de la especie se relacionaron a tres caracteres principales: a) mayor eficiencia en el uso del fósforo para acumular cada unidad de nitrógeno, b) mayor actividad nodular específica y c) diferencias en distribución del P total acumulado entre la parte aérea y las raíces noduladas. Sin embargo, este estudio (Gómez *et al.* 2002) se realizó con las plantas en solución nutritiva libre de N donde las plantas debieron crecer a espensas del N<sub>2</sub> que fueron capaces de fijar del aire y por lo tanto los resultados podrían ser diferentes, a si éstas se cultivan en suelo (Crafts – Brandner, 1992), probablemente porque, las leguminosas inoculadas con *Rhizobium* y cultivadas en este medio de cultivo obtienen nitrógeno para crecer de tres fuentes diferentes (suelo, fertilizante y aire); pero además porque la mayor parte del P necesario para óptimo crecimiento no está totalmente disponible para las plantas.

En investigaciones llevadas a cabo en plantas de caupí cultivadas en suelo, se reportaron que las diferencias en tolerancia a la deficiencia de P, entre los diferentes genotipos evaluados se debieron a variaciones en la habilidad para extraer P del suelo (Akomah *et al.* 1995) o en la eficiencia de uso del P para acumular cada unidad de N (Amara y Sualé 1996), mostrando que existen diferencia en los resultados que se pueden alcanzar durante el estudio de diferentes viveros de la especie.

## VII. CONCLUSIONES

Obtenidos los resultados y luego de las discusiones se desprenden las siguientes conclusiones:

- 7.1. El tratamiento T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) reportó los mayores promedios de rendimiento y número de vainas por planta con  $3,289 \text{ t.ha}^{-1}$  y 13,14 vainas por planta respectivamente, superando estadísticamente a los promedios alcanzados por los demás tratamientos.
- 7.2. Los tratamientos T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) reportaron promedios estadísticamente iguales entre sí para el peso de 100 granos y número de granos por vaina con 17,81 granos y 14,22 g de peso de 100 granos respectivamente superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los demás tratamientos.
- 7.3. Respecto a longitud promedio de la vaina, los tratamientos T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), T3 ( $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), y T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) reportaron promedios estadísticamente iguales entre sí con 19,83 cm, 19,68 cm y 19,54 cm de longitud promedio de la vaina respectivamente, superando estadísticamente a los promedios de los tratamientos T0 (testigo), T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T1 ( $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).
- 7.4. Para la altura de planta, los tratamientos T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y T2 ( $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) reportaron promedios estadísticamente iguales entre sí con 92,6 cm y 91,4 cm de altura de planta respectivamente, superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los demás tratamientos.



## **VIII. RECOMENDACIONES**

Considerando las condiciones edafoclimáticas de la zona en estudio y los resultados del presente trabajo, se propone las siguientes recomendaciones:

- 8.1.** La aplicación de  $100 \text{ Kg.ha}^{-1}$  de Superfosfato triple en el cultivo de caupí.
- 8.2.** Investigar nuevos rangos nutricionales para un mejor rendimiento en caupí.
- 8.3.** Realizar el mismo trabajo, en diferentes épocas del año y con diferentes densidades de siembra, para determinar las influencias del clima y el suelo en relación a la absorción del fosforo.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. AGREDA, O. (1986). "Posibilidades de la utilización de las leguminosas forrajeras para mejorar la productividad agrícola y ganadera en la Selva Peruana". Lima – Perú, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. Publicación miscelanea N°. 670. 104 pág.
2. AKOMAH, A.B; ZAPATA, F.; DANSON, S.K.A; AXMANN, H. (1995). Cowpea varietal differences in uptake phosphorus from Gafsa phosphate rock in low P Ultisol. *Fertilizer Research*. 41: 219 - 225.
3. AMARA, D.S; SUALÉ, D.S. (1996). Genotypic difference in yield formation, phosphorus utilization and nitrogen fixation by cowpeas in Sierra Leone. *In: Isotope studies on plant productivity. Results of coordinated research programme organized by the Soil Fertility, Irrigation and Crop Production Section, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Technique in Food and Agriculture. FAO/IAEA. IAEA – TECDOC – 889. Printed by the IAEA in Austria., pp 39 - 52.*
4. ARAUJO, J. P. P. (1979). Morfología, estadios de crecimiento y desenvolvimiento de caupí. *In: Curso de entrenamiento para pesquisadores de caupí. Goiania, Brasil. EMBRAPA-CNPAF. Pp. 42-44.*
5. BARCELO, C. J. (2000). *Fisiología Vegetal*. Ed. Pirámide, S.C. Madrid.
6. BOX, J. M. (1961) *Leguminosas de grano*. Ed. Salvat. Barcelona. Pp. 190-218.

7. CALZADA, B. J. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. 5<sup>ta</sup> Edic. Editorial Milagros S.A. Lima-Perú.
8. CASSMAN, K.G; WHITNEY, A.S.; FOX, R.L. (1981). Phosphorus requirement of soybean and cowpea as affected by mode of nutrition. *Agronomy Journal*. 73:17-23.
9. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). (1987) Morfología de la planta de frijol común. Volumen. N° 9. Cali, Colombia, pp. 22.
10. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). (1987) Morfología de la planta de frijol común. Volumen. N° 9. Cali, Colombia, pp. 22.
11. CRAFTS - BRANDNER, S.J. (1992). Phosphorus nutrition influence on starch and sucrose accumulation and activities of ADP - Glucose pyrophosphorylase and sucrose - phosphate synthase during the grain filling period in soybean. *Plant Physiology* 98: 1133- 1138.
12. FAO. (2005). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Departamento de agricultura. 58 Pp. FAO. (1993). Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries. FAO Forestry Paper 112. Rome
13. GARCÍA ALTUNAGA, A., HERNÁNDEZ BARRUETA, G., NUVIOLA MONTOYA, A, HERRERO ECHEVARRÍA, G., MÉNDEZ PÉREZ, N., JACQUES DREVON, J. (2005). Fuentes fosfóricas de diferente solubilidad para frijol común evaluadas por método isotópico. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 16(2): 161-170. 2005 ISSN: 1021-7444. 170 p.

14. GINÉS, IRANTZU E MARISCAL-SANCHO, IGNACIO (2002) Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. Fertiberia S.A. 9 p.
15. GÓMEZ JORRÍN, L.A., MARTÍNEZ CRUZ A., SÁNCHEZ GARCÍA, T., DUEÑAS VEGAS, G. (2005) Evaluación de la tolerancia al déficit de fósforo en caupí (*Vigna unguiculata* L. WALP) en CUBA. II. Cultivo en suelo. Nota técnica. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 16(1): 95-103. 2005. 9 p.
16. GÓMEZ, L.A; VADEZ, V.; HERNANDEZ, G.; SÁNCHEZ, T.; TOSCANO, V.; SÁNCHEZ, M. (2002). Evaluación de la tolerancia al estrés de fósforo en caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en Cuba. I. Cultivo en solución nutritiva. Agronomía Mesoamericana 13 (1): 59 - 65.
17. GÓMEZ, S. J. (1983). Fertilización con NPK en Frejol Caupí en la zona de Tulumayo.
18. LEÓN, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. IICA. 2da. Edición. San José, Costa Rica. Pp. 263-277.
19. LITZENBERGER, S. C. (1984). Guía para cultivos en los trópicos y los subtrópicos. AID. México/Buenos Aires. Pp.73-76.
20. MALDONADO V. Darío (2012). "FISIOLOGIA Y NUTRICIÓN VEGETAL" Facultad de Ciencias Agrarias, Agronomía. Compilado. Tarapoto – Perú.
21. MELENDEZ R. OMAR (1992).- "ENSAYO de fertilización fosforica en 3 lineas de caupí blanco en el sector de Juan Guerra, Bajo Mayo"

22. ORMEÑO L. Javier (1996) "Efecto de diferentes densidades de siembra en el rendimiento de la variedad de caupi Blanco Cumbaza – Inia (vigna unguiculata l. walp) en el Bajo Mayo". Tesis Ing. Agrónomo. Tarapoto.
23. RICALDI, V. N. (1990). Desarrollo de tecnología agraria en la selva alta. Lima, INADE/APODESA. Pp. 62-65.
24. SADSAWKA Y CAMPILLO, (1993). Problemática de la acidificación de los suelos en la IX región I. Genesis y características del proceso. Investigación y progreso agropecuario. Carrillanca. 12 (3): 3-7
25. SÁNCHEZ, P. A. (1973). Un resumen de la investigación edafológica en América Latina Tropical. North Carolina State University. USA. Pp. 214.
26. SCHEFFER, P. y H. HABOT. (1970). Leguminosas de grano. Informe sobre fertilización. Boletín Verde. 20 pag.
27. TUESTA, C. G. (1985). Respuesta del caupí a la aplicación de PK bajo condiciones de campo en la provincia de San Martín-Tarapoto. Tesis Ing. Agrónomo. Huanuco, Perú. Pp. 64.
28. UNIVERSIDAD DE CHILE. (1994). "Fisiología de la Producción Vegetal" Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Departamento de producción Agrícola. Publicación docente N° 5. Santiago – Chile.
29. VARGAS, M. J. (1959). Fréjoles, distanciamiento y abonamiento en la Estación Experimental Agropecuaria de Tingo María. Pp. 38-39.

## **LINKOGRAFÍA**

1. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>
2. <http://www.anasacjardin.cl/producto/superfosfato-triple/>
3. <https://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral>
4. ([http://www.ipni.net/publication/nss-s.nsf/0/A9E420198D408C1985257BBA0059C636/\\$FILE/NSS-ES-14.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-s.nsf/0/A9E420198D408C1985257BBA0059C636/$FILE/NSS-ES-14.pdf))

## Resumen

Este trabajo de investigación se desarrolló en el fundo "San Luis" de propiedad del ing. Jaime Montilla Vela, ubicado en el distrito de Cuñumbuque, provincia de Lamas y región San Martín – Perú. Se tuvo como objetivo, determinar un nivel de fertilización fosfórica que logre mejorar los rendimientos del frijol caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) en campo, usando la variedad Blanco Cumbaza INIA del caupi, utilizando una misma densidad e siembra en todos los tratamientos.

El diseño estadístico fue DBCA con 4 repeticiones y 6 tratamientos, cada parcela fue evaluada, cuyos resultados fueron analizados mediante el Análisis de Varianza y la Prueba Múltiple de DUNCAN.

En los datos meteorológicos se presentan con una precipitación promedio entre 1000 a 1400 mm y temperatura media anual de 25 a 28 °C. El suelo experimental muestra una clase textural Arcillosa, con un contenido de materia orgánica de 2,27 %. pH medianamente alcalino; además, con contenido medio de  $P_2O_5$ : 337,53 ppm;  $K_2O$ : 29 ppm.

De los resultados obtenidos sobre el rendimiento de grano ajustados al 14 % de humedad se concluye que existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos establecidos, siendo el T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) el que reporto los mayores promedios de rendimiento y número de vainas por planta con  $3,289 \text{ t.ha}^{-1}$  y 13,14 vainas por planta respectivamente superando estadísticamente a los promedios alcanzados por los demás tratamientos. Los tratamientos T5 ( $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) y T4 ( $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) reportaron promedios estadísticamente iguales entre sí para el peso de 100 granos y numero de granos por vaina con 17,81 granos y 14,22 g de peso de 100 granos respectivamente superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los demás tratamientos. Siendo de gran aporte para la agricultura con el fin de obtener mejores rendimiento en el frijol caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp).

**PALABRAS CLAVE:** Rendimiento, fósforo, caupí, fertilización, suelo, fertilidad.

## Summary

This research paper was founded in the "San Luis" property of the ing. Jaime Montilla Sailing, located in the district of Cunumbuque, province of Lamas and region San Martin - Peru. It was objective; determine a level of phosphate fertilization that will succeed in improving bean yields cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) in field, using the white variety Cumbaza INIA of cowpea, using the same density and planting in all treatments.

The statistical design was DBCA with 4 repetitions and 6 treatments, each plot was evaluated, the results were analyzed by analysis of variance and the Duncan's multiple test.

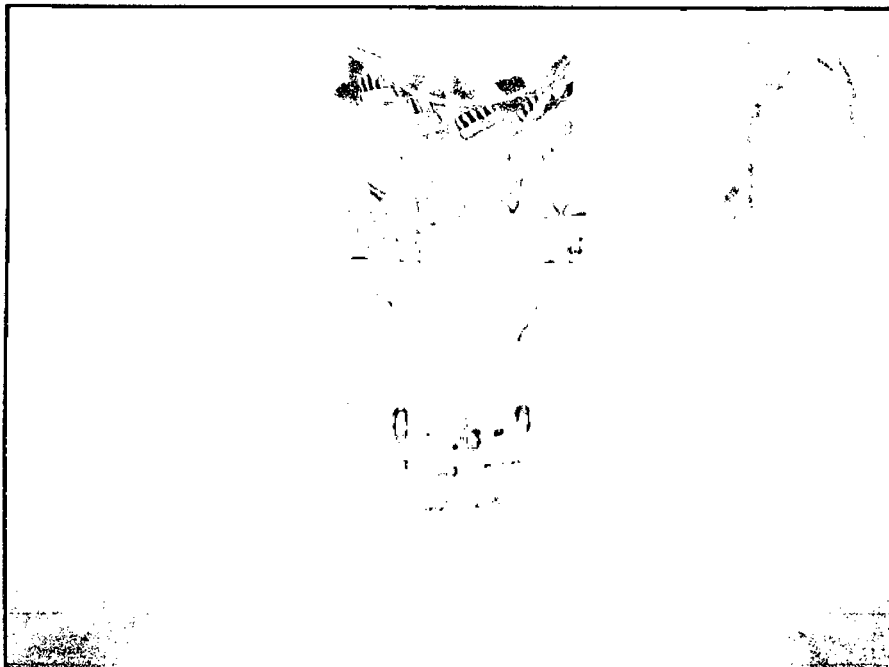
In the meteorological data are presented with an average annual rainfall between 1000 to 1400 mm and a mean annual temperature of 25 to 28 °C. The experimental soil sample a clay textural class, with an organic matter content of 2.27 %; pH moderately alkaline; in addition, with average content of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 337.53 ppm; K<sub>2</sub>O: 29 ppm.

Of the results obtained on the performance of grain adjusted to 14 % of dampness one concludes that there exists a highly significant difference between established treatments, being the T5 (100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) the fact that I bring the major averages of performance and number of pods for plant with 3,289 t.ha<sup>-1</sup> and 13,14 pods for plants respectively overcoming statistically to the averages reached by other treatments. The treatments T5 (100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and T4 (80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) they brought statistically equal averages between if for the weight of 100 grains and I number of grains for pod with 17,81 grains and 14,22 g of weight of 100 grains respectively overcoming statistically to the averages obtained by other treatments. Being of great contribution for the agriculture in order to obtain better performance in the bean caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp).

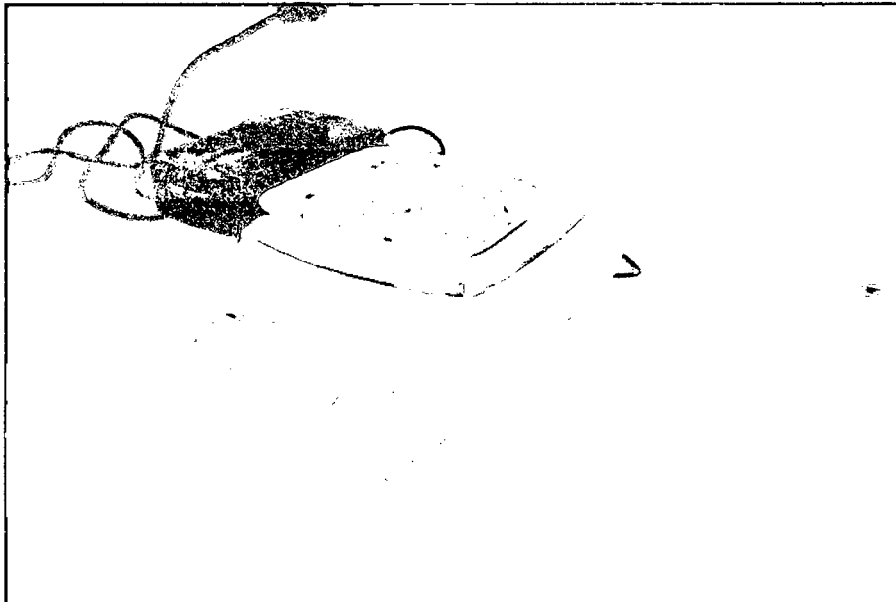
**KEY WORDS:** Performance, phosphorus, caupí, fertilization, soil, fertility.



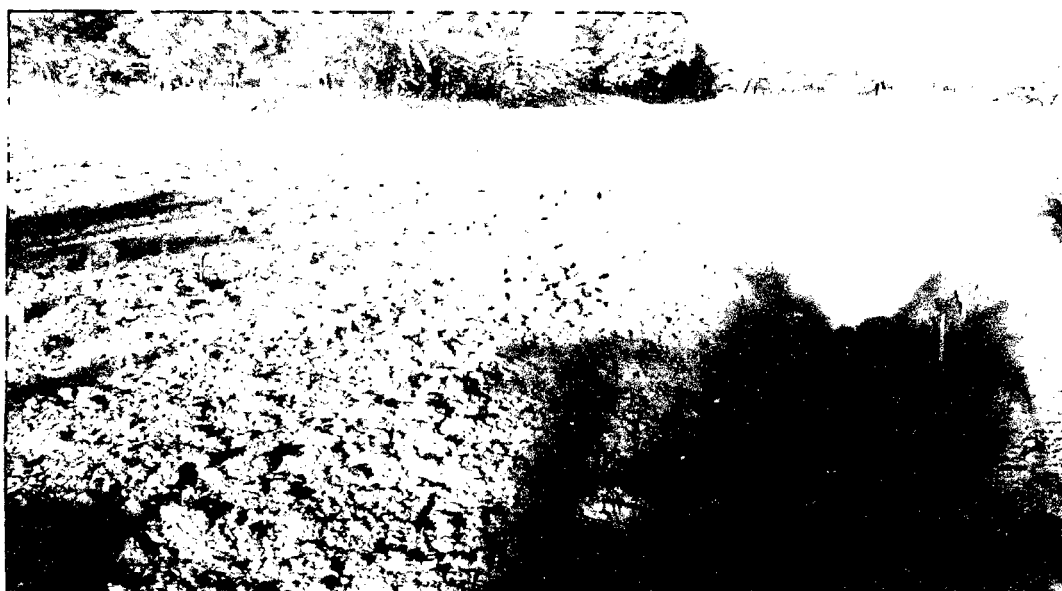
**ANEXO**



**Figura 2:** Fertilizantes usado en el trabajo de investigación (Superfosfato triple)



**Figura 3:** Peso de los granos cosechados en una balanza de precisión



**Figura 4:** Demarcación del área experimental



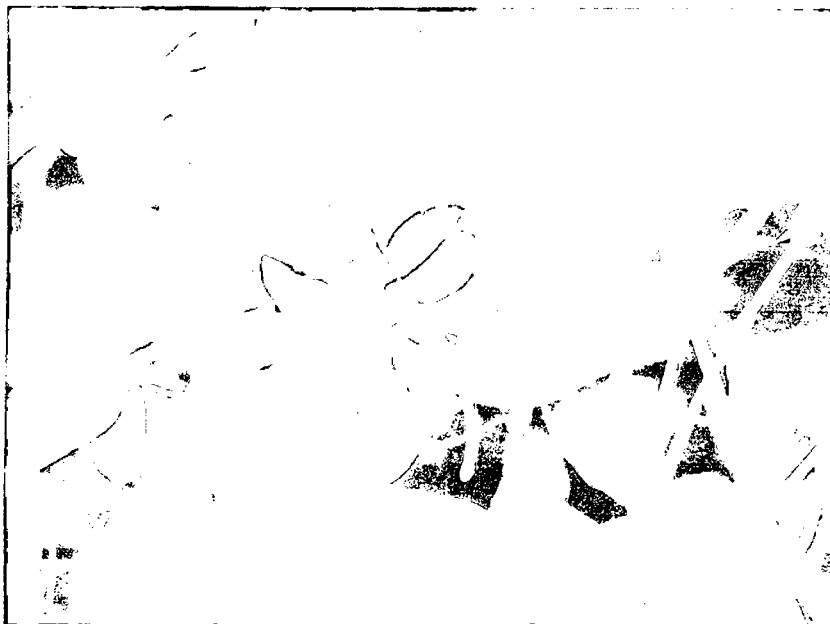
**Figura 5:** Campo experimental de los 10 días de siembra



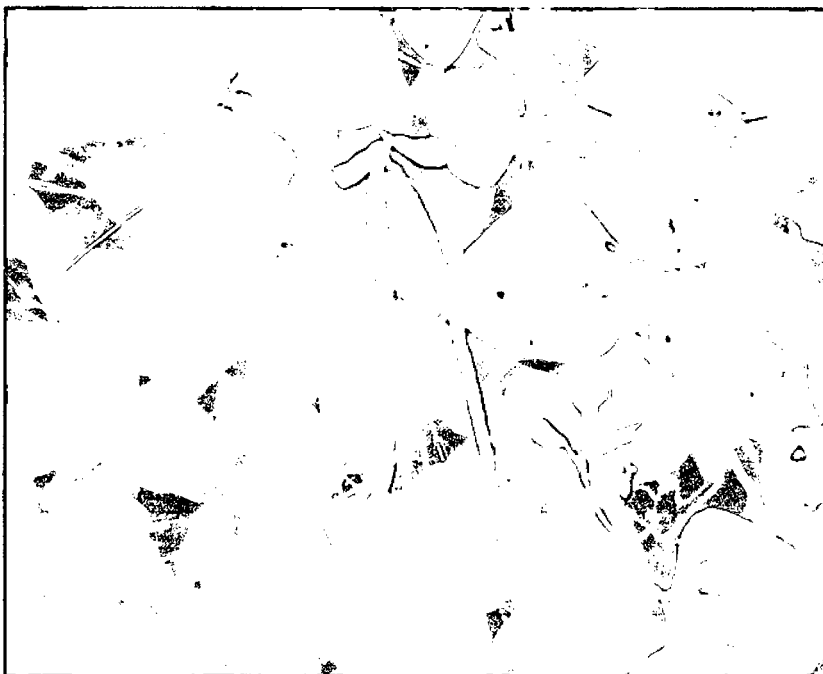
**Figura 6:** Campo experimental a los 20 días de la siembra.



**Figura 7:** Campo experimental a los 38 días de la siembra



**Figura 8:** Inicio de la floración a los 45 días de la siembra.



**Figura 9:** Llenado de grano a los 56 días de la siembra